

# 化学的教材の学習指導過程について

## — 小学校における物質の保存概念を軸として —

北魚沼郡守門村立須原小学校教諭 里 村 辰之助

### I 主題設定の理由

小学校理科における化学的教材は、その学習を通して子どもたちに物質変化および化学変化の事実気づかせ、物質の保存性に関する理解の素地を養い、正しい物質概念を形成していくという重要な意義をもっている。各種の研究物などを見ると、化学変化の指導を通して正しい物質概念を形成するための一貫した柱は「何が、どこから、どこへ」という「物のゆくえ」の追求であるといわれている。この「物は変化してもなくなるしない」という物質の保存性についての考え方を柱として意図的に積み上げていく必要があると考える。現場では、この科学的概念を形成するための種々の試みもなされているが、断片的であり、一貫した指導過程を組織化するための具体的な手だてが示されていない。

この研究では、各種の調査を通じて物質の保存性を形成するために最も基礎と考えられる「重さ・体積」についての認識程度や物質の保存性および化学変化についての考え方がどの程度積み上げられているか、その実態を明らかにしようと考えた。そして、どんな事実を提示することによりどのような望ましい変容をもたらすことが可能であるか具体的にさぐり、化学的教材指導過程改善のよりどころを求めようとした。

### II 研究の内容と方法の概略

研究全体を流れる仮説として、次のものを設定した。大竹三郎氏は「化学的教育」の中で「物質変化の事象に関する正しい概念の形成をはかるためには、物質の量的な側面からの認識をたしかなものにし、そこから物質の質的な面についての理解を深める過程をとる必要がある」とのべている。そのためには、個々の教材の中で重さの保存性を重視し、それをきちんと段階的に発展的に位置づけていく必要があると考える。そこで、物質の量的側面「重さや体積」と小学校における一連の化学的教材（3年の物のとけ方、4年の食塩水、5年の火と空気、酸素と二酸化炭素）に関するものから問題を作成した。調査対象の学校は、面接もあるので1か校とし4年以上2個学級ずつ選定した。（4年—62人、5年—80人、6年—80人）

調査は、7月～8月まで紙上調査、9月～11月にかけて面接による調査をわたくし自身で行なった。紙上調査の実施にあたっては、問題場面の構成が具体的にわかるように説明を加えた。この調査の結果、類似した問題に対する応答傾向をさぐりその傾向を三つの型に分類した。すなわち、個々の問題に対して全部正答のものをA、半々のものをB、全部誤答のものをCとした。このA、B、Cの型からおのおの4名ずつ抽出し面接を実施した。面接にあたっては、具体物を提示して、イメージ化をはかり、問題場面を構成して子どもの考えを聞く。次に実証を通して子どもの反応を

さぐり、反応によっては新たな事実を提示して変容する子どもの生の姿をとらえようとした。

調査結果の処理は、調査問題に関するそれぞれの学年ごとの応答傾向に注目するとともに、面接を通しての応答や変容をとくに重視し考察を加え研究仮説を検討しようとした。

### Ⅲ 研究の結果とその考察

#### (1) 変形した場合の重量保存について

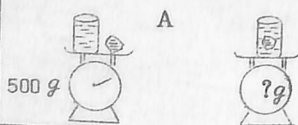
問題 みなさんは、身体検査で体重をはかったことがありますね。そのとき、はかりの上に両足でたつのと片足でたつのと、しゃがんでふんばったときとでは重さはどうなるでしょうか、1～4の中で正しいと思うものの番号を一つ□の中に書きなさい。

1. 両足でたっているときが一番重い。 2. かた足のときが一番重い。 3.しゃがんでふんばっているときが一番重くなる。 4. どれもみな同じ重さでかわらない。 答□

この問題は、体重ばかりにのって、いろいろ姿勢をかえたとき、その重さはどうなるか、他の問題は同じ重さの粘土をかたまりにしたり、ほそいひもにしたりして重さをはかったらどうなるか物を変形したときの重さについての考え方を見ようとした。体重計の問題では、「どれも同じ重さでかわらない」が正答である。正答率は、4年が13%、5年が15%、6年が23%と非常に低い。逆に「しゃがんでふんばったときが一番重い」という答が各学年とも50%をこえ、応答傾向としてはほとんど差が見られない。粘土の変形については、「形をかえても同じ重さになる」という正答率が40～50%台にあり割合高くなっている。面接の中でBとCの子どもたちは、粘土などは形をかえても重さは変わらないが人間は自分で力かけるので重さが変わるのだと答えている。つまり、人間を一つの物体として客観的にながめられないことや力加えるとその物の重さがふえるという、力と重さの混同が見られる。また、変形すると重さが変わると答えているのが各学年とも50%もあることに、注目したい。C型の多くは、同一の物でもかたまりは重い細い物は軽いと見かけ上からの判断で答えていたのが目についた。低学年のうちから、具体的な形での学習を通して物は重さをもっている。— 重さがあれば物は存在する。— その重さは変形しても変わらないという事実を意図的に指導していく必要がある。

#### (2) 同一の物の位置をかえた場合の重量保存について

問題 下の図のAのようにしてはかたら全体重が500gありました。つぎに石をBのように水の中にいれてはかたら重さはどうなると思いますか。1～3の中で正しいと思う番号を一つ□の中に書きなさい。 1. 少し重くなる。 2. 少し軽くなる。 3. 500g



でかわらない。

答□

この問題は、同一の石を水の中にいれたときと入れないときの重さはどうなるかきいたものであり、他の一つは、同一の

物体を横にしておいたときとたてたときの重さについて、子どもの考え方を見ようとしたものである。積み木の置き方による重さについては、[どのようにおいてもかわらない]が正答であるが、4年が55%、5年、6年が60%台であった。一方、水の中に入れた場合については[500gでかわらない]という正答率が20%~35%の間にあり全体として低い率を示した。置き方を変えると変わると考えていた子どもたちも面接の中で、具体的場面を見て、ただ置き方を変えたのだから変わらないと考えを修正した。わずかではあるが、たてると下におしつける力がはたらくので全体の重さは変わると考える子どももあった。水の中の重さについては、BとCは各学年共通の傾向として水中では物体はおし上げられるので軽くなるという考え方が圧倒的であった。また、石が水をおしつける力がはたらくので全体の重さはふえると答えたものもあった。さらに、水の中に木をいれたらどうかの問いに対して抽出児童の80%が軽くなると答えた。理由としては、浮くので水から出ている部分だけがかかるなくなるとか、水中につっこむといういてくるので軽くなるなどを上げてきた。つまり、水の力がそのものの重さまで軽くしてしまうという考え方である。これらの考え方は日常生活の中で感覚的にとらえられたものの強い現われと考えられる。しかし、この考え方は5、6年にも多く見られることに問題がある。生活の中で感じとった概念は大事にしながらも、あまりは一つ一つ切りくずし新しい概念に転化させなければならない。4年の物の浮き沈みの学習では、同体積の重さくらべだけでなく水中では軽く感じられても、その重さは保存されていることを正しくとらえさせる必要がある。

### (3) 重さの加法性について

この問題は、体重計の上にふたりでたつたときと、ひとりが他をおんぶしてのつた場合の重さや一つの粘土をまるめたりダンゴにししたりした分割や合併の場合の重さについて考え方をみようとした。おんぶしたときの問題については、[2人の体重を加えたのと同じになる]が正答であるが、各学年とも40~47%程度の率を示し、[軽くなる]と考える子が40%近くもあった。面接の中で、粘土と粘土、石と粘土、砂と粘土などで重さが加算されることを実証しても、人間の場合は上の人の重さがとられるとか、下の人が力を出すとかなどの理由で重さの加法があてはまらないと主張した。人間は意志をもつという点でやはり他の物体と同一のみ方ができないようである。分割や合併の場合、[変わらない]というのは、各学年50%台で、[軽くなる]と答えたのが35~40%もあった。その理由として同一の物でもバラバラにするとすきまができて重さがへるし、かたまりにすると重さがふえるのだという。つまり、みかけ上の判断がここにも現われていて、重さと体積の混同も見られる。重さを一定にして体積をくらべたり、体積を一定にして重さをくらべたりすることなど、物質認識の重要な要素である[重さや体積]についての指導が指導内容の中に明確に位置づけられていなかったことの一つの現われと考えられる。

### (4) 物の体積保存について

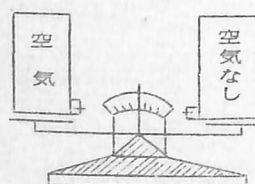
この問題は、油ねん土をいろいろ変形し水の中に入れたときの水位の変化、つまり、体積がどう



なるかをみようとしたものである。〔形をかえても水のふえる量は同じ〕が正答であるが、4年が9%、5年が25%、6年が45%と学年間に差が見られた。とくに誤答で集中したのは〔ねん土をかたまりにしたときがいちばんふえる〕というところで4年が80%、5年が57%、6年が45%であった。4年の誤答率が高いのは、まだ物の浮き沈みの学習をやっていないで、体積についての具体的な理解ができていない結果だと考えられる。しかし、5、6年になってもかたまりの方が重く、重いから体積が大きいとか、重いから下に沈むいきおいが強く、水を高くあげるなど誤った考え方をしている点に注視する必要がある。ここにも、重さについての正しい概念が定着していないし、体積との区別がしっかりおさえられていないことの現われが見られる。そこで、同一の重さで体積の異なる粘土と石を提示して水位の変化をきくと、かさの大きい粘土の方がよけいふえると答えたのが各学年80%近くであった。これを実証したあと、同体積で重さの異なる鉄と粘土の直方体を水中に入れたときの水位の変化をきくとほとんど全部の子どもが〔同じになる〕と答えた。4年の物の浮き沈みの学習では、体積についての基本的な概念 — 物体の不可入性や重さとの区別などをとり入れて指導する必要があると考える。

#### (5) 空気の重さについて

問題 下の図のようにビールのあきかに空気をいっぱい入れたものと、空気をぬいたものの重さをくらべました。1～3の中で正しいと思うものの番号を□の中に書きなさい。



1. 空気のつまっている方があがる。
2. 空気のつまっている方がさがる。
3. つり合う。

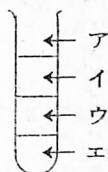
答 □

この問題は、空気に重さがあるかどうかをたずねたものである。〔空気に重さがある〕と答えた率は、4年、5年が30%で6年が40%を示したにすぎなかった。各学年共通の応答傾向としては、空気をつめてももとの重さとかかわらない(つり合う)、つまり、重

さがないと考えているのが65%～70%の高い率を示した。小学校における気体教材は、それぞれのねらいで各学年に位置づけられているが、気体を物として重さをもち、一定の場所を占めるといふ基本的なことが明確にくみいれていないことによるものと考えられる。気体は、その特殊性からみて、間接的な方法や推論によって明らかにしなければならないという困難点をもっている。これを少しでもやわらげるために、気体が固体や液体と同じように物としての一般的で共通な性質(重さや体積をもつ)を確実におさえ、その上に気体の圧縮性や弾性などの気体認識を深めていく必要があると考える。現状のような実態の中で二酸化炭素は空気より重い気体であり、水素は空気より軽い気体だなどと指導しても、空気に重さがないと考えている子どもたちにとって正しい理解を期待することはできないだろう。気体についての基本的性質がはあくされていこそ、個々の気体(酸素、二酸化炭素、水素)について、するどい洞察力をもって統一ある理解を深めていくことが可能になるだろうと考える。

(6) 食塩水における食塩の重量保存について

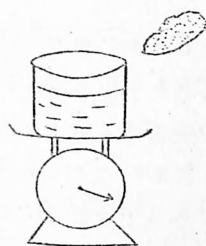
問題(ア) しけん管の水の中に、食塩をすっきりとかし、よくかきまぜてしばらくおきました。この食塩水を図のように、アイウエの四つの部分にわけました。このうち、アイウの三つの部分について、そこにはいつている食塩の量をくらべるとどうなりますか。1～4のうち一つえらんで□の中に書きなさい。



1. アの部分にはいつている食塩の量がいちばん多い。
2. イの部分にはいつている食塩の量がいちばん多い。
3. ウの部分にはいつている食塩の量がいちばん多い。
4. ア, イ, ウの部分にはいつている食塩の量はみな同じである。

答 □

問題(イ) ビーカーに水をいれて、その重さをはかったら1000gありました。この水の中に食塩200gをいれよくかきまぜたら食塩がすっきりとけました。このとき、ビーカーと食塩水の重さをはかったらどうなりますか。1～5のうち正しいと思うものの番号を一つ□の中に書きなさい。



1. 1000gより少なくなる。
2. 1000gになる。
3. 1000gから1010gのあいだになる。
4. 1200gになる。
5. 1205gから1300gのあいだになる。

答 □

出題のヒントは、教育センター紀要(60集)より借用したもので、(ア)は不飽和食塩水の中に含まれている〔溶けた食塩〕がどの部分に多く

はいつているかきいたものであり、(イ)は一定量の水の中に一定量の食塩を溶かしたときの食塩の重さや食塩水に対する子どものイメージをさぐり、物質の重量保存について理解程度を見ようとした。(ア)の問題で、〔どの部分にはいつている食塩の量も同じ〕という正答が、各学年とも40%未満で応答傾向として学年差が見られない。誤答では、〔ウの部分に多い〕というのが4年、5年で40%台、6年が30%も占めている。面接の中でも、学年をとわず、入れたものは下にたまるので下にいくほど量が多いという考えが強く、日常生活における感覚的な印象が作用しているものと考えられる。また、答えがちらばっていることから、どうとらえていいか推論するすべもないまま記入したとも考えられる。もっと早い時期に、〔溶ける〕と〔混合〕のちがいを正しくとらえさせ、〔とける〕という概念をしっかりと積み上げる手だてが必要であると考え。

一方、重量保存についても(イ)の問題で、〔1200gになる〕という正答率が30～40%の間で学年間の差が見られず低い状態におかれている。誤答の多くは、〔1000gから1010gのあいだ〕に集中している。BやC型の子どもたちは、水の中に食塩が存在することは認めるのだからとければ少し重さがへるという考えを根強くもっている。A型の子の理由は、ビーカーの中ではど

こにもいけないので入れたものは全部あると知覚的に理由をあげていた。つぎに、重さが保存されていることを実証したあと、飽和溶液における食塩の重さについてきいてみると、抽出児童の75%が正答で25%の子どもたちは、とけきらない食塩の粒に目をうばわれ重くなると答えた。総じて、学年が進んでも溶解についての正しい概念はほとんどないと言える。この重量保存の概念は、[物質のゆくえ]をさぐる力を育て、正しい物質概念を形成するための土台をきずくものであると考えるとき、実際指導の中で溶かした物は見えなくなっても全部そこにはいつているし、溶液の中に均一にちらばっていること、またそれらを取り出すことができるという統一された視点で指導内容のねらいを設定したり系統的な指導過程の研究をすすめたりする必要がある。

#### (7) 化学変化に対するイメージと物質の保存性について(6年生だけに実施した)

はじめに、広口びんの中で火をつけたローソクをいれてふたをすると火が消えることから、そのわけをきき、ローソクの燃焼と二酸化炭素や酸素との関係をどう考えているかききようとした。[酸素がなくなったから]と答えたものが87%もあり、酸素が使われ二酸化炭素ができたからと関係づけて答えたものもあった。イメージとしては望ましいとらえ方であると考えた。燃焼という現象を酸素や二酸化炭素と関係づけ統一的に思考をすすめていける指導過程をさらに重視する必要がある。

つぎに、二酸化炭素の発生と生成物質・酸素の発生と生成物質・二酸化炭素と石灰水の相互作用・ローソクの燃焼と生成物質について、その生成物質のもとがどこにあったかをきき、化学変化に対するイメージと物質の保存性に関する概念をききようとした。この問題は学習の中ではとり上げないので、子どもたちの中にとまどいが見られ、生成物質のもととは両方にあったと答えたのが40%程度あり、一方のみという好ましくない傾向が多く目についた。関連した問題であっても答が一定していないというのは、やはり、その由来を推論することができずでたために答えざるを得なかったものと考えられる。

小学校の段階にあっても物質の成分元素に目を向けさせながら化学変化を通して、物質や物質の保存性に関する概念を育てる必要があると考える。

#### まとめ

この調査でいえることは、現状では、物質の初歩的概念ともいえるべき物質の量的側面のはあくが非常によいということである。とくに気体に対してのそれがあいまいな状態に放置されている。この物質はあくの基礎的な理解の不足が、物質の状態変化や化学変化における物質保存の概念形成に大きないきょうを与えていると考えられる。[物質のゆくえをさぐる力]を育てるために重要と思われる重量保存についての考え方を、どんなねらいで、どんな内容や方法で、どこで指導していったらいいのか、そのステップや、その過程を検討する必要があると考える。